

女性における下駄による歩行のエネルギー消費量

山本 博男, 山本紳一郎*, 犀川 豊*, 中嶋 芳邦*, 松永 一成*
アッチャラ ダヌタ**, 宗藤 雅美***

Energy Cost of Walking With the Geta in Women.

Hiroh YAMAMOTO, Shin-ichiroh YAMAMOTO, Yutaka SAIKAWA,
Yoshikuni NAKAJIMA, Kazushige MATSUNAGA
ATCHARA Danutra, Masami MUNETOH

目 的

下駄がサンダルや靴に取って代わられて久しい。下駄は、根強い愛好者や下駄なし暮らせない舞子さんや板前さんのような世界は別として、伊豆長岡温泉の下駄マラソンや上山温泉の下駄飛ばし大会など、ある地域のPR係のような風潮があった。

ところが、ここ最近「異変」が起きている。下駄が復活しそうな賑わいなのである。火付け役は、夏の浴衣ブームである。従来の藍や白地という常識を破って、「夜の遊び着」という感じのカラフルな浴衣が国内だけでなく、外国の有名デザイナーのブランドも含めてどっと出回った。そこで、浴衣には下駄がお決まりとなっており、浴衣の数だけ下駄も売れることになる。更に、歌舞伎や相撲の人氣が高まり、下駄だけではなく、「和風」が今、静かなブームになっている。バルセロナ五輪の日本選手団、セリビア万博日本館のコンパニオンのユニホームに扇子が取り入れられたのは、このブームと無縁ではなさそうである。

現在は、世界中の人と物が盛んに行き来する時代である。外国人は、日本の火鉢をテーブルにしたり、布を壁に飾ったりして、インテリアに活かしている。つまり、国際化が進むにつれて、逆に、日本の伝統的な文化が見直されてきており、下駄が復活しそうな気配にある。しか

し、女性における歩行と履物に関する研究^{9) 12) 15) 17) 20) 22)}は、シューズ、ヒール、ブーツ、裸足に関してのものがほとんどであり、下駄による歩行に関するデータが不足している。また、歩行、走行のバイオメカニクス的研究^{4) 5) 7-26)}の多くは、男性における効率について行われている。Heinertら¹⁰⁾は、男性における自由なストライドでの走行は、ストライドを増減させた走行より、酸素消費に関して効率的であると報告している。一方、Powersら¹⁸⁾も、女性を被検者とした、ストライドを増減させた走行に関する研究で、自由なストライドで走行するのが経済的であると報告している。そこで、本研究の目的は、女性を対象として、トレッドミル走行の様々なストライドやピッチ数における下駄による歩行のエネルギー論的考察を試みることであった。

方 法

被検者は、金沢大学女子学生30名(21.1±1.3 yrs, 161.8±4.7cm, 43.0±4.7kg)であった。実験に使用した下駄は、市販の一般女子用であった。被検者は、4.2km/hのトレッドミルスピードで5分間、自由なストライドの歩行を行い、4-5分の1分間におけるピッチ数を測定し、ストライドを算出した。これをノーマルストライドとし、このノーマルストライドのピッチ数を15%減少させた歩行をロングストライド、15

平成5年9月16日受理

* 金沢大学大学院

** バンコク体育大学

*** 金沢市役所情報統計課

1回換気量に関して、ノーマルストライドが最大となる傾向にあったが（図5）、有意差はなく（ $P>0.05$ ）、ストライドの増加に伴い、1回換気量も増加するという Powers ら¹⁸⁾の報告と異なっていた。心拍数に関して、Powers ら¹⁸⁾は、トレッドミル走行において、ストライドと効率はあまり関係がなかったと報告している。また、Knuttgen¹²⁾は、様々な速度での同一ストライドによる歩行の脈拍を測定、速度の増加に伴い、ストライドも増加し、脈拍と直線関係が得られたと報告している。本研究でも、これらの先行研究^{12) 18)}の結果と同様に傾向を示していたが（図6）、有意差はなかった（ $P>0.05$ ）。

主観的運動強度に関して、Messier ら¹⁶⁾は、レクリエーションランナーを対象に、様々なストライドでの走行において、ストライドの変化に伴い、主観的運動強度も変化すると報告しており、本研究も同様な結果が得られた（図7）。ショートストライド、ロングストライド、ノーマルストライドの順で主観的運動強度は低くなり、ショートストライドとノーマルストライドの間には有意差があった（ $P<0.01$ ）。これは、ノーマルストライドがただ自由に歩行をするのに対し、ショートストライド、ロングストライドは、メトロノームの音に歩調を合わせ、慣れないストライドで歩行をする必要があったためと思われる。また、下駄で出掛けた時に、疲労感を強く感じがちなのは、下駄を履く場合、浴衣などを着用することが多く、それによって普段よりも短いストライドで歩く必要があるためであろう。

運動強度に関して、 $\% \dot{V}O_2 \max$ 、 $\% HR \max$ 共、ストライドの増加とは逆に、減少する傾向にあったが（図8、9）、有意差はなかった（ $P>0.05$ ）。

Wall と Charteris²³⁾は、トレッドミル歩行の習慣や結果を見るためには、約1時間の練習が必要であり、最初の2分間は測定不可能であると報告している。しかし、本研究においては、

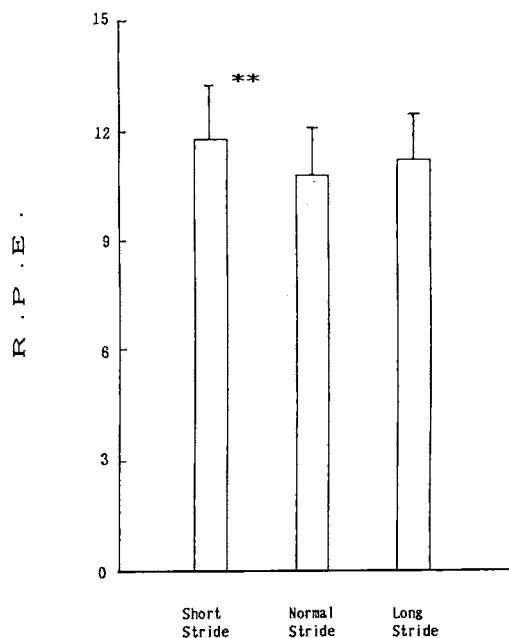


Figure 7. Mean values and S. D. of rating of perceived exertion in three stride lengths. (N=30)

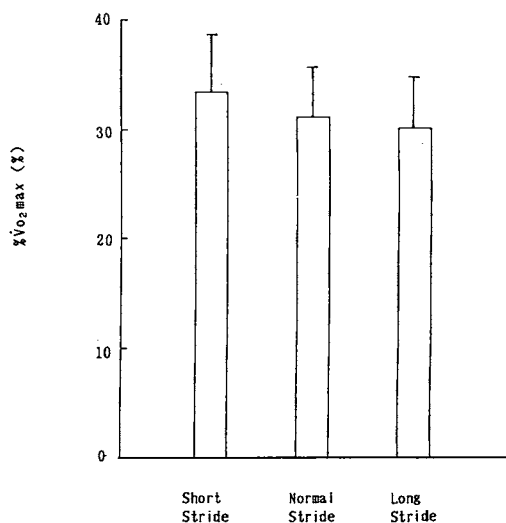


Figure 8. Mean values and S. D. of $\% \dot{V}O_2 \max$ in three stride lengths. (N=19)

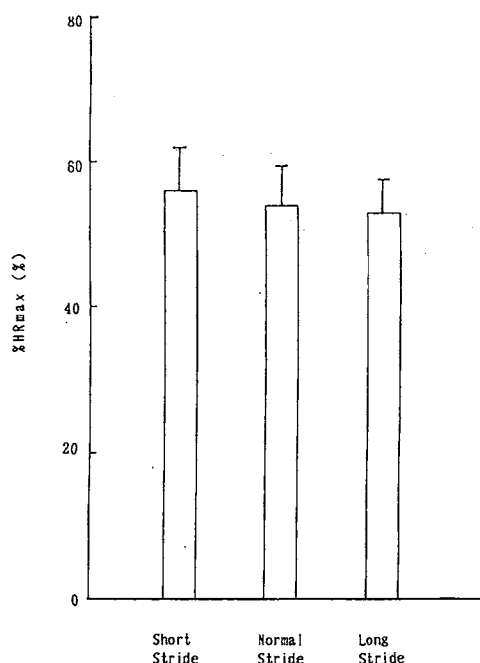


Figure 9. Mean values and S. D. of % HRmax in three stride lengths. (N=19)

2分間のウォーミングアップしかしておらず、まだ十分にトレッドミル上での歩行に慣れないうちに、ノーマルストライドでの歩行を行ったため、ノーマルストライドの酸素摂取量、エネルギー消費量、換気量が高くなったとも考えられる。先行研究^{10) 18)}では、ノーマルストライドでの走行が、酸素摂取量、エネルギー消費量共、最少となる経済的な走行パターンであると報告されているが、これまでの結果から、下駄による歩行の経済的な歩行パターンは、ロングストライドであると推察できる。異なるストライドにおいて、主観的運動強度を除く各項目に有意差がなかったのは、運動強度が低いうえに差がないため、各項目において差が表れにくいこと、ウォーミングアップが不十分な状態でノーマルストライドでの歩行をしたため、各項目の値が高くなったことが、その理由として考えられる。

今後の課題として、①練習時間を十分に取ったうえで、運動時間を長くし、運動強度を高め

ることによって、ストライドの違いによる差が顕著に表れるかどうか明らかにすること、②下駄と切り離して考えられない浴衣を着用した場合の歩行がストライドやエネルギー消費量などに及ぼす影響を明らかにすることが挙げられる。

参考文献

- 1) 浅井晃, 村上正康: 初等統計学. 培風館, 1963
- 2) Åstrand P. - O. and B. Saltin: Maximal oxygen uptake and heart rate in various of muscular activity. J. Appl. Physiol. 16, 997-981., 1961
- 3) Åstrand P.-O. and B. Saltin: Cardiac output during submaximal and maximal work. J. Appl. Physiol. 19, 268-274., 1964
- 4) 東章弘, 山本紳一郎, 犀川豊, 布目寛幸, 山本博男: 女性における下駄による歩行の機械的効率. 日本バイオメカニクス学会第11回大会論集, 191-195., 1992
- 5) Bhambhani, Y. and M. Singh: Metabolic and cinematographic analysis of walking and running in men and women. Med. Sci. Sports Exerc. 17, 1, 131-137., 1985
- 6) Borg, G. A.: Perceived exertion: a note on "history" and methods. Med. Sci. Sports, 5, 2, 90-93., 1973
- 7) Cavanagh, P. R. and K. R. Williams: The effect of stride length variation on oxygen uptake during distance running. Med. Sci. Sports Exerc. 14, 1, 30-35., 1982
- 8) Fellingham, G. W., E. S. Roundy, A. G. Fisher and G. R. Bryce: Caloric cost of walking and running. Med. Sci. Sports Exerc. 10, 2, 132-136., 1978
- 9) Gollnick, P. D., C. M. Tipton, P. V. Karpovich: Electrogoniometric study of walking on high heels. Res. Quar. 35, 3, Supplement, 370-378., 1964
- 10) Heinert, L., R. C. Serfass and G. All an stull: variation on oxygen uptake during level and positive grade treadmill running. Res. Quar. Exerc. Sport, 59, 2, 127-130., 1988
- 11) Howley, E. T. and M. E. Glover: The caloric costs of running and walking one mile

- for men and women. *Med.Sci.Sports*, 6, 4, 235-237., 1974
- 12) Knuttgen, H.G. : Oxygen uptake and pulse rate while running with undetermined and determined stride lengths at different speeds. *Acta Physiol. Scand.* 52, 366-371., 1961
- 13) Lloyd, B.B. and R.M. Zacks: The mechanical efficiency of treadmill running against horizontal impeding force. *J. Physiol.* 223, 355-363., 1972
- 14) Margaria, R., P. Cerretelli, P. Aghemo and G. Sassi : Energy cost of running. *J. Appl. Physiol.* 18, 367-370., 1963
- 15) Merrifield, H.H. : Female gait patterns in shoes with different heel heights. *Ergonomics*, 14, 3, 411-417., 1971
- 16) Messier, S.P., W.D. Franke and W.J. Rejeski : Effects of altered stride lengths on rating of perceived exertion during running. *Res. Quar. Exerc. Sport*, 57, 4, 273-279., 1986
- 17) 宮下充正 : 歩行研究の概略. *体育の科学*, 15, 5, 264-273., 1965
- 18) Powers, S.K., P. Hopkins and M.R. Ragsdale : Oxygen uptake and ventilatory responses to various stride lengths in trained women. *American Corrective Therapy Journal*, 36, 5-8., 1982
- 19) Pugh, L.G.C.E. : The influence of resistance in running and walking and the mechanical efficiency on work against horizontal or vertical forces. *J. Physiol.* 213, 255-276., 1971
- 20) Ricci, B., P. V. Karpovich : Effect of heel upon the foot. *Res. Quar.* 35, 3, Supplement, 385-388., 1964
- 21) Rosenrot, P., J.C. Wall and J. Charteris : The relationship between velocity, stride time, support time and swing time during normal walking. *J. Human Movement Studies*, 6, 323-325., 1980
- 22) Soames, R.W. and A.A. Evans : Female gait patterns : The influence of footwear. *Ergonomics*, 30, 6, 893-900., 1987
- 23) Wall, J.C. and Charteris : A Kinematics study of long-term habituation to treadmill walking. *Ergonomics*, 24, 7, 531-542., 1981
- 24) 山本博男, 穴田生, 東章弘, 木本明子 : 下駄による歩行の機械的効率 金沢教育学部紀要, 41, 27-32, 1992
- 25) Yamasaki, M. and T. Sasaki : Autoregressive activity of step length in level and grade walking. *Kumamoto Med. J.* 41, 2, 51-62., 1989
- 26) Zarrugh, M. Y. : Power requirement and mechanical efficiency of treadmill walking. *J. Biomechanics*, 14, 3, 157-165., 1981